

某车型轮毂轴承异响分析与优化

张仲宇¹ 孟 香² 董有昌¹

1. 浙江极氪汽车研究开发有限公司 浙江 杭州 310000

2. 重庆睿蓝汽车研究院有限公司 重庆 400010

摘要: 文章针对某车型前轮毂轴承异响,通过故障件拆解,外观分析,尺寸校核,材料检测等探究,结合失效工况及失效机理,找出故障原因,通过加工工艺的改善和游隙的减小,达到降低轴承工作负荷、减小接触应力的目的,从而提升该产品质量和稳定性,消除异响,改善市场售后表现。

关键词: 异响;轮毂轴承;分析;优化

引言

近些年,乘用车保有量不断增加,人们对安全意识提高的同时也对舒适性的要求越来越高。轮毂轴承作为汽车极为关键的零件之一,直接关系到汽车的安全性及舒适性。某SUV车型上市三个月,售后市场共反馈后轮毂轴承异响问题16例,引起顾客抱怨,需对此问题进行快速整改。

1 原因分析

汽车轴承异响是一种常见的故障,其原因多种多样,除了润滑不足,还有轴承游隙不当、混入杂质、额外载荷、配合不当、轴承座孔杂物、密封圈偏心以及轴承腐蚀等因素。对于这一SUV车型的故障件进行拆解,发现轴承外圈单侧沟道存在一种特殊的剥落失效形式。这种剥落形状类似“水滴”或“贝壳”,如图1所示,是一种非典型的剥落现象。这种“贝壳状剥落”表现为脆性裂纹,可能是由于轴承在受到较大的应力或冲击时,材料呈现脆性特征,导致裂纹的产生和扩展。由于多个故障件表现一致,我们可以暂时确定“贝壳状剥落”是此问题的主要原因。



图1 轴承外圈贝壳状剥落

2 贝壳状剥落原因分析

“贝壳状剥落”作为一种非典型的剥落现象,其成因涉及多个方面。为确保全面分析,本文从人机料法环测六

个环节进行详细分析。

通过各个环节的详细分析,结合测试结果,原因主要集中在非金属夹杂不合格、化学成分不合格、润滑脂性能不达标、装配过程控制问题。

2.1 非金属夹杂及化学成分检测

故障件经过第三方检测发现,存在异物夹杂DS类问题,其检测结果为1.0,接近国标要求上限1.0,且低于行业平均水平0.5。表明该故障件质量需进一步优化提升,以满足行业更高标准。

在化学元素检测过程中,发现样品中C元素的含量为1.07%,超过技术要求0.95%~1.05%,其它元素的含量则在规定范围内。

2.2 润滑脂性能检测

汽车用轴承润滑脂延长工作锥入度变化率不宜大于15%,这样可以确保润滑脂在轴承运转产生的长期机械剪切作用下不易过度软化和流水,有利于在轴承表面保存润滑油膜,避免轴承润滑早期失效^[1]。

该项目采用的油脂是中国石化CJB-HB1,锥入度检测结果为20.56%,远超过行业15%的要求。这与轴承表面油脂泛黄且渗出的表现一致,这导致轴承的工作环境被破坏,无法起到润滑作用,加剧失效。

2.3 装配检测

部件质量与装配工艺均为影响产品性能的关键因素,二者相辅相成。精准的装配可减少部件间的接触问题和非正常运动,保证产品达到预期性能。轴承装配至转向节,轴承和HUB的压入力是核心装配参数,通常要求与平均水平的偏离率控制在90%以内,以确保轴承游隙值处于最佳状态。

然而,现场数据反映供应商装配过程中压入力的离散度较大,这会直接影响轴承游隙的稳定性。过大的游隙会导致轴承钢球在滚道中的运动不稳定,进而产生异

响,严重影响产品性能及用户体验。为解决此问题,我们需进一步优化装配工艺,确保压入力的精准性和一致性。这包括对装配流程进行细致调整,提升操作人员技能水平,以及加强装配过程中的质量控制。

3 “贝状剥落”产生机理分析及改善措施

3.1 “贝状剥落”产生机理分析

车辆在急变速过程中,钢球在滚道中的运动形态复杂,呈现混合滑动状态,导致接触应力增大,局部温度上升。这会引发摩擦化学反应,降低油脂的润滑能力,使得钢球与滚道直接接触。接触椭圆在边界处产生局部应力集中,易引发裂纹。为此,需减少钢球混合滑动现象,降低局部应力和温度上升,减少摩擦化学反应发生。

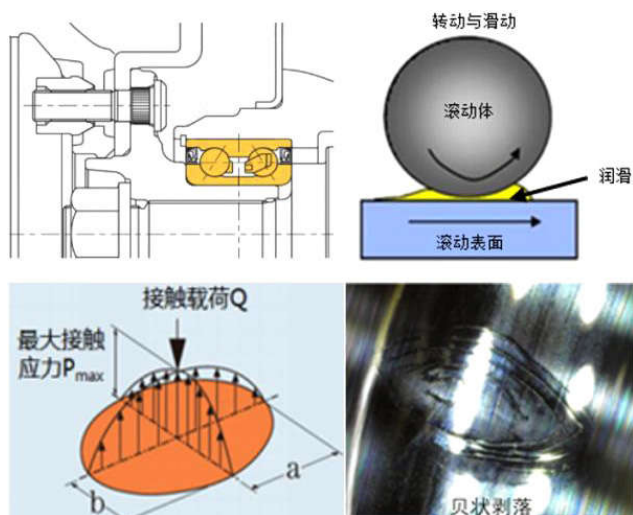


图2 “贝状剥落”产生机理

3.2 “贝状剥落”改善措施

结合“贝状剥落”产生机理及检测的结果,非金属夹杂物及C含量的改善主要从材料入手,加强供应商质量检测及控制可以优化,装配质量通过培训予以提升,但从设计上还需优化轴承的工作环境,以减少轴承工作负荷,减少轴承滑动的运动形式的行程。根据“贝状剥落”产生机理,主要从两方面采取措施,一是,采用渗碳处理,控制热处理过程中淬火温度稳定性,确保硬度控制稳定;二是优化游隙,降低轴承工作状态轴向预负荷,降低轴承接触应力^[2]。

3.2.1 热处理(淬/回火)工艺优化

提高淬火温度:使相同材料的碳化物分布向左偏移,碳化物颗粒更细小;通过回火温度增加,时间加长,消除淬火钢件中的内应力,以提升材质韧性。

3.2.2 对轴承轴向游隙优化

轴承的游隙是指轴承在未安装在轴或轴承箱时,其内圈或外圈之一被固定,而未被固定的一方可以在径向或轴向移动的最大距离。根据移动的方向,这种移动量可以分为径向游隙和轴向游隙^[3]。径向游隙是指轴承在一个方向上能够移动的最大距离,而轴向游隙则是指轴承在轴向方向上能够移动的最大距离。轴承游隙的大小对其疲劳寿命、刚性、振动、温升和机械正常运转的精度等都有重要影响。在大多数应用中,无法直接调整工作游隙,需要根据应用需求和经验计算出合适的安装后游隙值。

表1 工艺优化前后参数对比

优化项目	现有状态	优化后状态
淬火温度	835°C±5°C	850°C±5°C
回火温度	160±5°	200±5°
回火时间	180min	180min
淬火硬度	> 63HRC	> 63HRC
回火硬度	62~64HRC	62~64HRC
回火稳定性	< 1HRC	< 1HRC

根据轴向游隙的计算公式:

$$\text{Axial clearance} = 0.5 (\text{outer raceway diameter} - \text{inner raceway diameter}) - (\text{outer ring width} - \text{inner ring width})$$

其中:

Axial clearance是轴承的轴向游隙;
outer raceway diameter是外圈直径;
inner raceway diameter是内圈直径;
outer ring width是外圈的宽度;
inner ring width是内圈的宽度。

优化游隙的目的是降低轴承的工作负荷,进而减小接触应力,改善轴承初始状态滑动。

表2 工作游隙与预负荷对比

状态	初始游隙	工作游隙	预负荷(N)
优化前	0.075	-0.050	5679.7
	0.055	-0.105	19008.9
优化后	0.10	-0.025	1914.0
	0.08	-0.080	12128.0

4 改善结果

通过工艺及游隙的优化,以及供应商的质量控制,装配工艺管控,生产一批次样件后随即抽取10件开展冲击试验,结果显示优化后轴承沟道压痕深度趋势存在减低;选取两件优化后的轴承装车路试后,无异响发生,措施有效。

结束语

轴承的性能直接或间接影响整车的舒适性,设计过程中需要关注其加工工艺,游隙等关键环节的校核和验

证。同时,供应商产品制造质量,装配工艺的控制也直观重要,需作为关重部件予以严把每一道关。

参考文献

- [1]胡勇俊等,某车型轮毂轴承异响分析研究,浙江吉智新能源汽车科技有限公司,
- [2]劳传华等,某车型前轮毂轴承异响分析及改进,广西艾盛创制科技有限公司等
- [3]邹有坤等,某车型后轮毂轴承异响问题分析,长城汽车股份有限公司技术中心等.